



Copyright 2011 tv <tvaira@free.fr>

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License,

Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, with no Front-Cover Texts, and with no Back-Cover.

You can obtain a copy of the GNU General Public License : write to the Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Sommaire

Systeme d'Exploitation du Tramway.....	2
Introduction.....	2
Réseaux Multi Service (RMS).....	4
Ethernet industriel.....	5
Étude de la volumétrie.....	7
Câblage - choix du support.....	8

Système d'Exploitation du Tramway

Introduction

Le Système d'Exploitation du Tramway d'une grande ville française est constitué de nombreux sous-systèmes. Ceux qui font l'objet de cette étude sont :

- le SAEIV constitué par le Système d'Aide à l'Exploitation (SAE) et le Système d'Information Voyageur (SIV) ;
- le Réseau Multi Service (RMS).

Le Système d'Aide à l'Exploitation (SAE) désigne globalement un SAE Temps Différé (SAE-TD) et un SAE Temps réel (SAE-TR). C'est un système informatique implanté au Poste de Commande Centralisé (PCC), en liaison avec les Systèmes d'Exploitation Embarqués (SEE) des tramways et Systèmes d'Information Station (SIV Station) des stations.

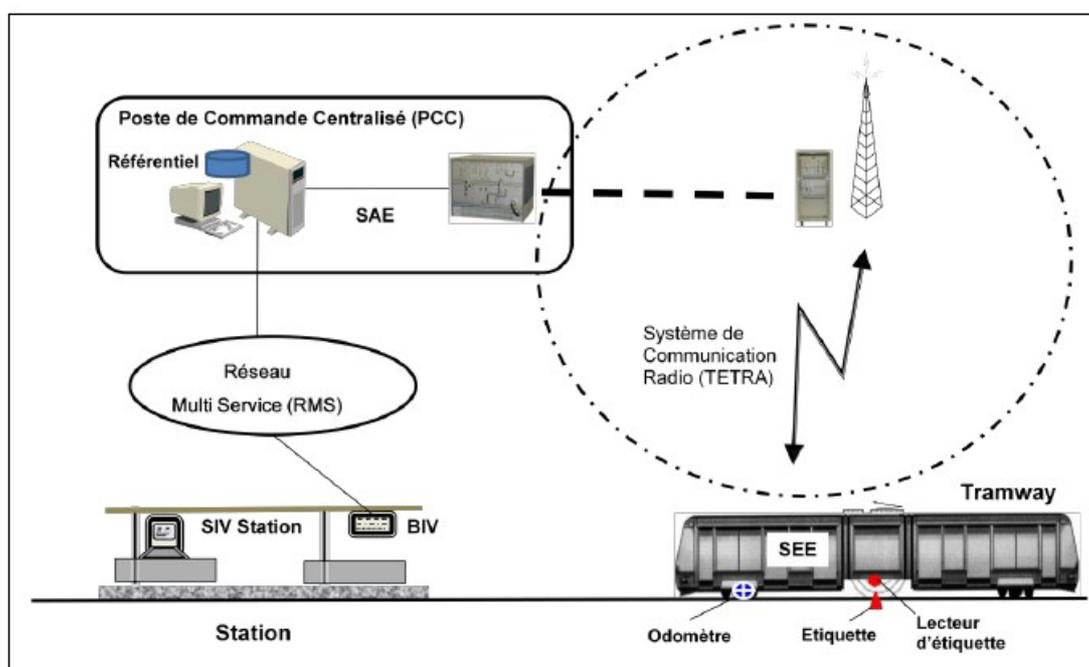


Figure 1 : Organisation du SAEIV et du RMS

Le SAE assiste le personnel exploitant (opérateurs du PCC et conducteurs) dans ses principales missions d'exploitation du réseau de tramway.

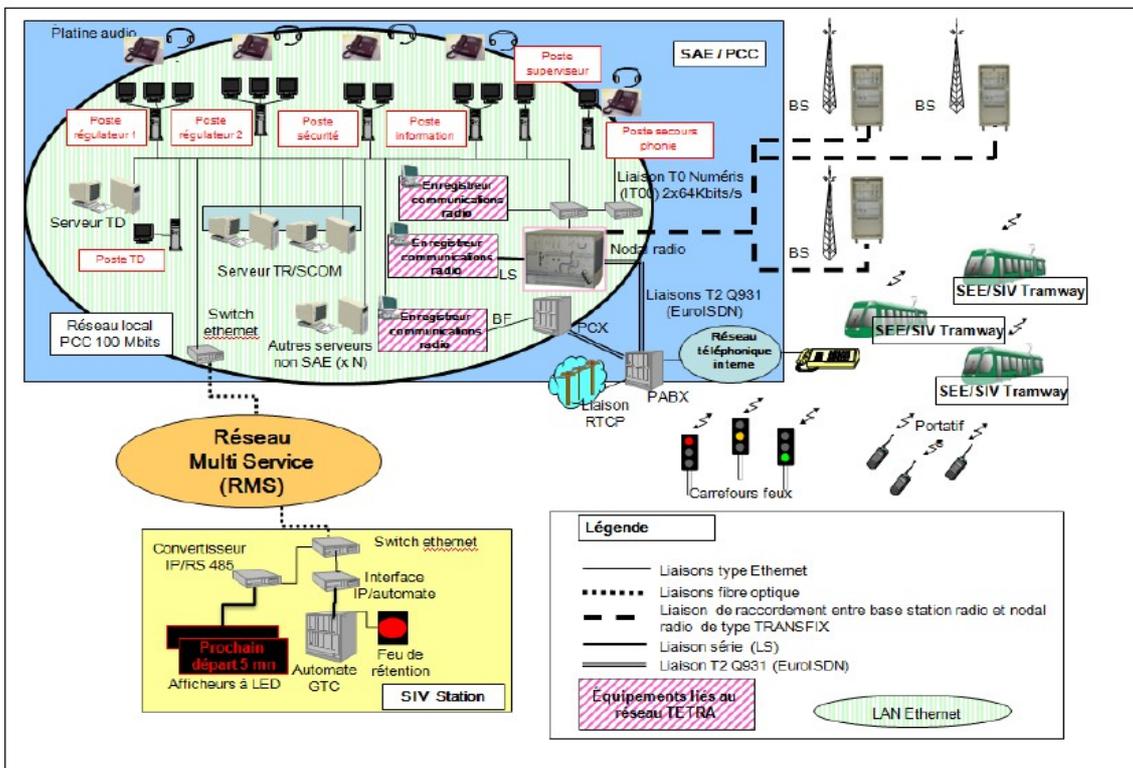
Le Système d'Information Voyageur (SIV) désigne de façon commode les moyens d'information à destination des voyageurs en station et à bord des tramways.

Le SIV est composé :

- du Système d'Information Voyageur Station (SIV Station) qui gère les Bornes d'Information Voyageur (BIV) de chaque station ;
- du Système d'Information Voyageur Tramway (SIV Tramway) qui gère l'information des voyageurs à bord des tramways.

Pour l'information des voyageurs aux stations, le serveur de communication SCOM dialogue avec les Bornes d'Information Voyageur (BIV) des stations au travers d'un réseau TCP/IP pour transmettre les messages à diffuser dans chaque station.

Les informations fournies portent principalement sur les destinations, les arrêts desservis par les rames, et les temps d'attente en station voyageur. La gestion du SIV est effectuée depuis le PCC. Cette gestion centrale dialogue avec des équipements informatiques en station via le Réseau Multi Service (RMS) essentiellement constitué d'un réseau filaire de communications TCP/IP et avec les équipements embarqués à bord des rames via le réseau radio numérique.



Architecture générale du Système d'Aide à l'Exploitation et d'Information des voyageurs (SAEIV)

Réseaux Multi Service (RMS)

Le réseau multiservice est chargé d'acheminer divers flux réseaux, notamment :

- Téléphonie et interphonie
- Vidéosurveillance
- Information voyageurs
- Liaison entre PCC et automates (signalisation ferroviaire, énergie)
- GTC (gestion technique centralisée)
- Billettique

Le réseau multiservices (RMS) est basé sur une technologie de liaison de type Ethernet industriel.

Le câblage est organisé physiquement en boucles ou anneaux redondants. Au niveau logique, les boucles sont éliminées par un protocole de gestion de la redondance (hiper-ring).

Chaque station est équipée d'un commutateur (switch) Ethernet industriel.

Les équipements sont répartis dans plusieurs VLANs Ethernet, chacun des VLANs étant associé à un sous-réseau IP.

L'ensemble des sous-réseaux IP est découpé dans le bloc d'adresses privées 10.0.0.0/8.

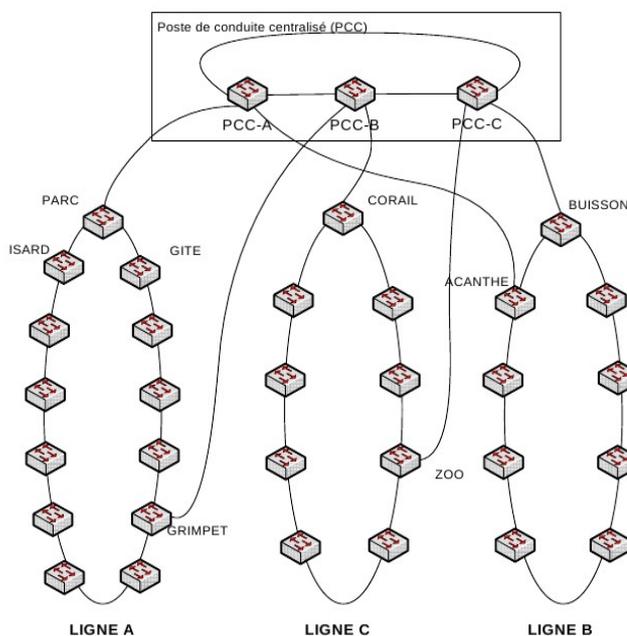


Figure 11 : Câblage du réseau multiservice

Ethernet industriel

Document à consulter : « Annexe : Réseau Multi Service (RMS) »

Ethernet industriel est une application de l'Ethernet commuté adapté aux exigences des applications industrielles. La première exigence est le déterminisme. Deux facteurs permettent de respecter l'exigence de déterminisme :

- l'abandon de la méthode d'accès CSMA/CD, au profit d'une autre méthode d'accès (full-duplex avec mécanisme de contrôle de flux en cas d'engorgement des tampons des commutateurs).
- la maîtrise du débit de données à la source, c'est à dire des débits de données émis par les différentes stations afin d'éviter l'engorgement du réseau.

1) Avec la méthode CSMA/CD, peut-on garantir le temps d'accès au support et le délai d'émission complète d'une trame ? Justifier la réponse.

Une deuxième exigence des réseaux industriels est la tolérance aux pannes d'équipements ou aux coupures de liaisons. Le réseau multiservices du tramway utilise des liaisons Ethernet redondantes afin d'assurer la continuité du service en cas de défaillance d'une liaison ou d'un équipement.

En fonctionnement normal, les liaisons redondantes sont désactivées de façon éliminer les boucles, lesquelles sont incompatibles avec la topologie d'un réseau Ethernet commuté.

Si une liaison est accidentellement interrompue ou qu'un équipement devient hors service, une liaison redondante est automatiquement réactivée pour rétablir le chemin manquant.

2) Quelle est la topologie physique d'un réseau Ethernet sur paires torsadées et fibres optiques, comportant plusieurs commutateurs ?

Sur le schéma de câblage ci-dessous du réseau multiservice :

- 3) Marquer d'une croix (X) les liaisons redondantes à désactiver en fonctionnement normal (la topologie résultante doit être compatible avec un réseau Ethernet commuté normal).

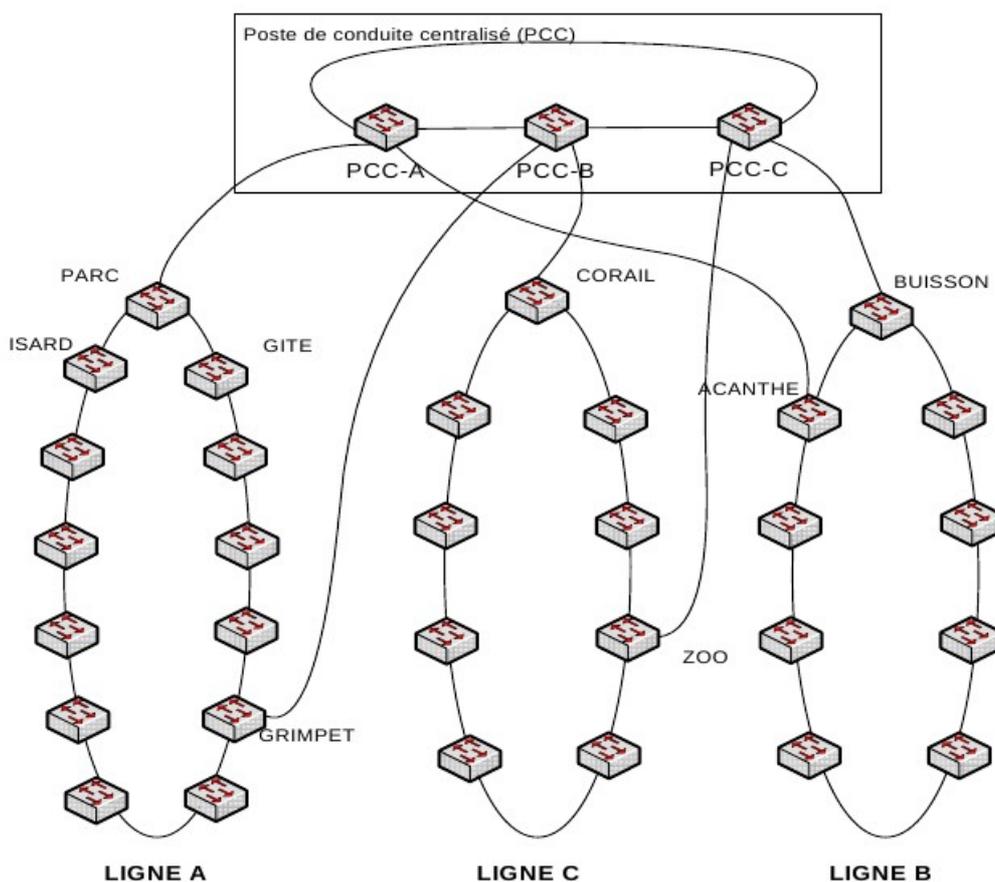


Figure 11 : Câblage du réseau multiservice

Remarque : il peut être utile de repasser les liaisons conservées au surligneur. Vous vérifierez ainsi que la topologie résultante est correcte.

- 4) Indiquer le nombre total de liaisons désactivées.

Nombre de liaisons désactivées en fonctionnement normal :

Étude de la volumétrie

Chaque station de tramway génère des flux entrants et sortants impliquant des besoins en bande passante réseau.

Le besoin en bande passante est le rapport de la quantité de bits occupés (en émission ou en réception sur le support de transmission) sur la période de référence. La période de référence est ici de 1 seconde.

Les communications téléphoniques et les messages de sonorisation sont transportés par le réseau multiservice en utilisant la technologie de Voix sur IP (VoIP).

En VoIP, le signal sonore est numérisé et traité par un CODEC. Les échantillons issus du CODEC sont regroupés en paquets, et les paquets sont transmis périodiquement (toutes les 10 à 30ms selon la configuration choisie) via le protocole RTP (*Realtime Transport Protocol*).

On cherche à déterminer le besoin en bande passante Ethernet selon le CODEC utilisé.

Pour cela, il est nécessaire de calculer le nombre total de bits occupés sur le support de transmission. Cela comprend les bits d'information transmis mais aussi le préambule et la période de silence imposée entre 2 trames (IFG = InterFrame Gap).

5) En se reportant à « Annexe : Réseau Multi Service (RMS) », Compléter le tableau :

CODEC	Taille de la trame complète avec préambule et IFG (en bits)	Nombre de trames par seconde	Bande passante Ethernet (en bits/s)
G.711 (PCM)			
G.729a (CS-CELP)			

Chaque station est équipée de 4 à 6 caméras de vidéosurveillance. Ces caméras sont des caméras IP qui encodent le flux vidéo avec un codec H264. Chaque caméra produit sur sa sortie Ethernet un flux sortant de 250kbits/s. Le flux entrant d'une caméra, pour les données de contrôle, est de 10kbit/s.

Un serveur d'enregistrement vidéo, situé au PCC, reçoit les flux vidéo de l'ensemble des caméras. Le serveur d'enregistrement est raccordé au réseau par une liaison Ethernet 100BASE-TX full duplex.

Pour conserver une marge de sécurité, on limite le débit maximal exploitable à 75% du débit nominal de liaison.

6) Combien de caméras cette liaison permet-elle de traiter au maximum (détailler le calcul) ?

On envisage de diffuser une chaîne de TV dédiée « TV TRAM» sur une trentaine de bornes situées aux points d'attente en stations. Cette chaîne serait diffusée en protocole RTSP (*realtime streaming protocol*) sur une adresse IP multicast.

7) Justifier le choix du multicast par rapport à l'unicast pour cette application.

Annexe : Réseau Multi Service (RMS)

CODEC	Bande passante données audio	Période échantillonnage	Taille échantillon (octets)	Nb d'échantillons par paquet
G.711 (PCM)	64 kbps	30 ms	240	1
G.726 (ADPCM)	32 kbps	20 ms	80	1
G.728 (LD-CELP)	16 kbps	2.5 ms	5	4(*)
G.729a (CS-CELP)	8 kbps	10 ms	10	2(*)

(*) : Lorsque les paquets regroupent chacun n échantillons, la période d'émission des paquets est de n fois la période d'échantillonnage. Ex : en G.728, la période d'émission des paquets est de $4 \times 2,5\text{ms} = 10\text{ms}$.

Tableau An.10.1 : codecs et constitution des paquets VoIP

Débit	Norme	Câble	Longueur maxi	Coût relatif
Ethernet	10BASE5	Thick Ethernet (coax)	500m	obsolète
	10BASE-T	Twisted Pair (cat 3)	100m	Très faible
Fast Ethernet	100BASE-TX	Twisted Pair (cat 5)	100m	Très faible
	100BASE-FX	Multimode Optical Fiber	412m (half duplex)	moyen
		Multimode Optical Fiber	2000m (full duplex)	moyen
		Singlemode Optical Fiber	15km (full duplex)	élevé
Gigabit Ethernet	1000BASE-T	Twisted Pair (cat 5 ^e ou 6)	100m	faible
		Multimode Optical Fiber	550m	moyen
	1000BASE-LX	Singlemode Optical Fiber	5km	élevé
	1000BASE-LH	Singlemode Optical Fiber	Jusqu'à 70km	Très élevé
10 Gigabit Ethernet	10GBASE-LX4	Multimode Optical Fiber	300m	Très élevé
	10GBASE-ER/EW	Singlemode Optical Fiber	jusqu'à 40km	extrêmement élevé

Tableau An.10.2 : Caractéristiques des supports Ethernet

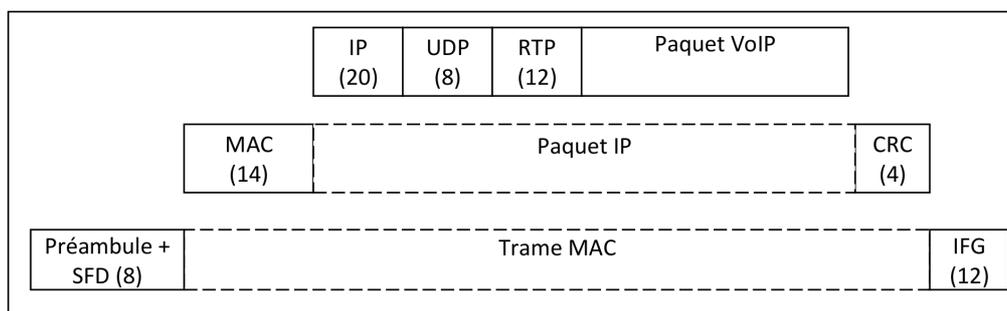


Figure An.10.3 : encapsulation VoIP sur Ethernet (Nb octets entre parenthèses)